

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ :

H02K 7/09, 7/14, A61M 1/10, F16C
39/06

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/64030

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum:

26. Oktober 2000 (26.10.00)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP00/03563

(22) Internationales Anmeldedatum:

19. April 2000 (19.04.00)

(30) Prioritätsdaten:

199 18 841.6

20. April 1999 (20.04.99)

DE

199 44 863.9

18. September 1999 (18.09.99)

DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MEDI-
PORT KARDIOTECHNIK GMBH [DE/DE]; Wiesenweg
10, D-12247 Berlin (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): NÜSSER, Peter [DE/DE];
Wustrower Str. 23, D-13051 Berlin (DE). MÜLLER, Jo-
hannes [DE/DE]; Güntzelstr. 63, D-10717 Berlin (DE). PE-
TERS, Hans-Erhard [DE/DE]; Lychener Str. 33, D-10437
Berlin (DE).

(74) Anwälte: GULDE, Klaus, W. usw.; Gulde Hengelhaupt Ziebig,
Schützenstrasse 15-17, D-10117 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,
KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA,
MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU,
SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE,
LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches
Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR,
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

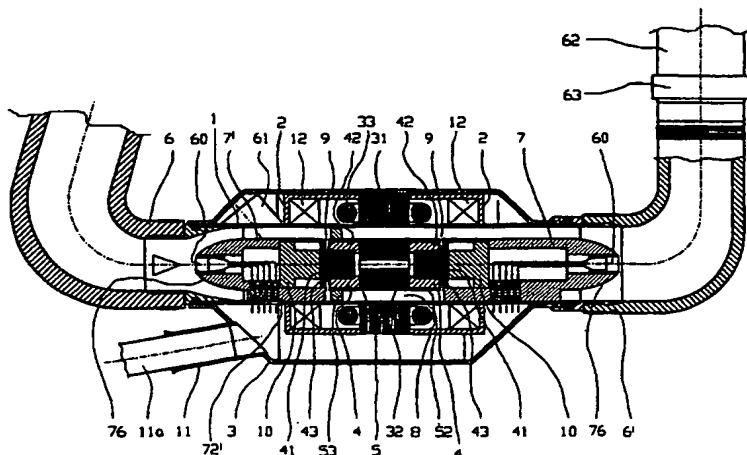
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen
eintreffen.

(54) Title: DEVICE FOR DELIVERING SINGLE-PHASE OR MULTIPHASE FLUIDS WITHOUT ALTERING THE PROPERTIES THEREOF

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR SCHONENDEN FÖRDERUNG VON EIN- ODER MEHRPHASIGEN FLUIDEN

(57) Abstract

The invention relates to a device for deliver-
ing single-phase or multiphase fluids without alter-
ing the properties thereof. The aim of the invention
is to provide a device for carefully delivering single-
phase and multiphase fluids which, consisting
of a simple construction, does not alter or only in-
significantly alters the properties of the fluid to be
delivered and, in particular, minimizes dead water
zones and turbulences of the fluid to be delivered.
The invention provides a device for delivering single-
phase or multiphase fluids which is comprised
of a tubular cavity (1) that guides the fluid, whereby
the rotor (32) of the electric motor is configured as
a rotatable delivering part (5) mounted with axial
alignment inside the tubular cavity (1). The inven-
tive device also comprises at least one fluid guiding
device (7, 7') arranged in front of and/or behind the
delivering part (5) and is characterized in that the
rotatable delivering part (5) is contactlessly mounted by means of a magnetic bearing.



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- oder mehrphasigen Fluiden. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- und mehrphasigen Fluiden zur Verfügung zu stellen, die bei einfachem konstruktivem Aufbau das zu fördernde Fluid in seinen Eigenschaften nicht oder nur unwesentlich verändert und insbesondere Totwassergebiete und Verwirbelungen des zu fördernden Fluids minimiert. Die Erfindung besteht in einer Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- oder mehrphasigen Fluiden, bestehend aus einem rohrförmigen, das Fluid führenden Hohlkörper (1), wobei der Motorrotor (32) des Elektromotors im Inneren des rohrförmigen Hohlkörpers (1) in axialer Ausrichtung als in Rotation versetzbares Förderteil (5) ausgebildet und gelagert ist, und mit mindestens einer Fluid-Leiteinrichtung (7, 7'), die vorn und/oder hinter dem Förderteil (5) angeordnet, die dadurch gekennzeichnet ist, daß das in Rotation versetzbare Förderteil (5) mittels einer Magnetlagerung berührungsfrei gelagert ist.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

5

10 **Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- oder
 mehrphasigen Fluiden**

15

Beschreibung

20 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur schonenden
 Förderung von ein- oder mehrphasigen Fluiden gemäß dem
 Oberbegriff des Anspruches 1.

25 Insbesondere geringer stabile mehrphasige Fluide, die
 durch einen Energieeintrag irreversible Veränderungen
 erfahren können, wie z. B. Emulsionen und Dispersionen,
 können beim Fördern in entsprechenden Vorrichtungen wie
 Pumpen nachteiligerweise in instabile Bereiche geraten.

30 Ein besonders empfindliches Fluidsystem stellt das Blut
 dar. Diese undurchsichtige rote Körperflüssigkeit der
 Wirbeltiere zirkuliert in einem in sich geschlossenen
 Gefäßsystem, wobei rhythmische Kontraktionen des
 Herzens das Blut in die verschiedenen Gebiete des
 Organismus hineindrücken. Hierbei transportiert das
35 Blut die Atemgase Sauerstoff und Kohlendioxid sowie
 Nährstoffe, Stoffwechselprodukte und körpereigene
 Wirkstoffe. Das Blutgefäßsystem einschließlich des
 Herzens ist hierbei hermetisch von der Umwelt
 abgeschirmt, so daß im gesunden Organismus das Blut

5 keine Veränderungen erfährt, wenn es über das Herz durch den Körper gepumpt wird.

Bekannt ist, daß das Blut bei Kontaktierung mit nichtkörpereigenen Materialien oder durch Fremd-
10 energieeinwirkung zur Hämolyse und Thrombenbildung neigt. Thrombenbildung kann für den Organismus tödlich sein, weil sie zu Verstopfungen im weitverzweigten Gefäßsystem führen kann. Hämolyse beschreibt den Zustand, daß über das physiologische Maß hinaus die
(15 roten Blutkörperchen innerhalb des Körpers lysiert - zerstört - werden. Die Ursachen für Hämolyse können mechanisch oder metabolischer Art sein. Gesteigerte Hämolyse hat multiple Organschäden zur Folge und kann bis zum Tode des Menschen führen.

20 Andererseits hat sich gezeigt, daß es prinzipiell möglich ist, unter bestimmten konstruktiven Voraussetzungen, die Pumpleistung des Herzens zu unterstützen bzw. sogar das natürliche Herz durch ein
25 Kunstherz zu ersetzen. Allerdings ist ein Dauerbetrieb von implantierten Herzunterstützungspumpen oder Kunstherzen zur Zeit nur begrenzt möglich, weil die Wechselwirkungen dieser Kunstprodukte mit dem Blut immer noch zu nachteiligen Veränderungen des Blutes
(30 führen.

Im bekannten Stand der Technik sind verschiedene Entwicklungsrichtungen von Blutpumpen erkennbar. Herzunterstützungspumpen und Kunstherzen können
35 ausgehend von der geforderten Druckdifferenz und dem Volumenstrom sowohl nach dem Verdrängerprinzip als sogenannte pulsatile Pumpen oder nach dem Turboprinzip als radiale oder axiale Strömungsmaschinen ausgeführt werden. Diese drei genannten Bauarten werden zur Zeit

parallel entwickelt. Dabei zeigen die Strömungs-
maschinen wegen der hohen Leistungsdichte dieser
Maschinenart kleinere Abmessungen als Kolbenmaschinen.
Innerhalb der Pumpen, die nach dem Turboprinzip
funktionieren, ist die axiale Pumpenvariante in der
Regel kleiner als die radiale. Hierbei läßt sich
grundsätzlich eine Turbomaschine zu gegebener
Druckdifferenz und gegebenem Volumenstrom sehr
unterschiedlich sowohl als axiale als auch radiale
Pumpe mit sehr unterschiedlichen Drehzahlen ausführen.

Die aus dem Stand der Technik bekannten axialen
Blutpumpen bestehen im wesentlichen aus einem äußeren
zylindrischen Rohr, in dem ein Förderteil, das als
Rotor eines außen anliegenden Motorstators ausgebildet
ist, rotiert und damit das Blut in axialer Richtung
bewegt. Die Lagerung des Förderteils stellte ein
Problem dar. Eine rein mechanische Lagerung ist
hinsichtlich der Blutschädigung und auch der relativ
hohen Reibungswerte nachteilig. Auch die bisher
beschriebenen Magnetlagerungsvarianten haben zu keiner
befriedigenden Lösung geführt.

Aus Kawahito et al.: *In Phase 1 Ex Vivo Studies of the
Baylor/NASA Axial Flow Ventricular Assist Device*, in:
Heart Replacement Artificial Heart 5, Seiten 245-252,
Springer Verlag Tokyo 1996, Herausgeber T. Akutso und
H. Koyagani, ist eine gattungsgemäße axiale Blutpumpe
zur Unterstützung eines erkrankten Herzens bekannt, die
in den Brustraum eines Patienten implantierbar ist. Die
axiale Blutpumpe weist ein rotierendes Laufrad mit
einer Beschaukelung auf, das innerhalb eines
blutführenden Rohres gelagert und mittels eines
Elektromotors angetrieben wird.

5 Hierzu ist das Laufrad als Rotor des Elektromotors
ausgebildet und über in der Beschaufelung angebrachte
Magnete mit dem gehäusefesten Stator des Elektromotors
gekoppelt. Eine Axial- und Radiallagerung des Rotors
erfolgt über eine Spitzenlagerung, bei der der Rotor
10 punktweise an in der Strömung angeordneten Lager-
elementen abgestützt wird. Eine derartige Anordnung ist
auch aus der US A 4,957,504 bekannt.

Die bekannte Blutpumpe weist den Nachteil auf, daß das
geförderte Blut in nicht unerheblichem Ausmaße eine
15 Traumatisierung und Schädigung erfährt. Insbesondere
besteht die Gefahr einer Thrombenbildung. Der Grund
hierfür liegt im wesentlichen in der Ausbildung von
Totwassergebieten an den Lagern.

Ein weiterer Nachteil besteht zweifelsfrei in der
20 begrenzten Standzeit der mechanischen Lager infolge
Verschleißes.

Im US-Patent 4 779 614 wird eine implantierbare axiale
Blutpumpe beschrieben, die aus einem äußeren
25 zylindrischen Rohr und einer in diesem Rohr rotierenden
Rotornabe zur Blutförderung besteht. Der Rotor ist
magnetisch gelagert und trägt gleichzeitig die
Rotormagnete des Antriebes und die Laufschaufeln. Der
magnetisch gelagerte Rotor bildet mit der am äußeren
30 Rohr befestigten Statorbeschaufelung lange, enge
Spalte. Durch die Anordnung von zwei Motor-Stator-
Kombinationen jeweils an den Enden der Pumpe soll die
radiale Lage des Rotors stabilisiert werden. Die
Position in Achsrichtung wird durch ein weiteres
35 Magnetpaar, das auch die Axialkräfte des Rotors
aufnehmen soll, stabilisiert. Obwohl ein relativ
breiter Ringspalt für die Fluidströmung vorgesehen ist
und mit der magnetischen Lagerung des Rotors
wesentliche Entwicklungsziele für implantierbare

5 Blutpumpe bezüglich kompakter Bauweise und Freiheit von
Dichtungs- und Lagerproblemen verfolgt werden können,
weist diese Blutpumpe gravierende Nachteile für die
Funktion und den konstruktiven Aufbau der Pumpe auf.
10 Die überlangen engen Spalte zwischen der Rotornabe und
den Leitschaufeln am Stator erhöhen die Gefahr der
Blutschädigung durch große Geschwindigkeitsgradienten
der Spaltströme. Die zur Rotorstabilisierung notwendige
Anordnung von zwei Motoren ist konstruktiv aufwendig.
Weiterhin ist der Rotor in axialer Richtung nicht
15 formschlüssig gesichert und stellt dadurch ein
Restrisiko dar.

In dem US-Patent 5 385 581 ist ebenfalls eine axiale
Blutpumpe mit magnetischer Lagerung beschrieben. Die
20 Lagermagneten sind im Rotor und im Statorbereich
entgegengesetzt gepolt angeordnet.

Nachteiligerweise führt das zum Stillstand der Pumpe,
wenn die Lagerung versagt. Ferner ist es nachteilig,
daß kein sogenanntes Nachleitgitter vorgesehen ist, das
25 heißt, den gesamten Druck baut das Laufrad auf, und der
Restdrall verbleibt in der Strömung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine
Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- und
30 mehrphasigen Fluiden zur Verfügung zu stellen, die bei
einfachem konstruktivem Aufbau das zu fördernde Fluid
in seinen Eigenschaften nicht oder nur unwesentlich
verändert, Totwassergebiete und Verwirbelungen des zu
fördernden Fluids minimiert und eine pulsierende
35 Förderung ermöglicht.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß mit den
kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1.

5 Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

10 Eine erfindungsgemäße Lösung zeichnet sich dadurch aus, daß das im Inneren des rohrförmigen Hohlkörpers angeordnete, in Rotation versetzbare Förderteil mittels einer Magnetlagerung gelagert ist. Hierzu sind in das Förderteil bevorzugt sowohl permanentmagnetische Lagerelemente für die Magnetlagerung als auch permanentmagnetische Elemente für die Funktionalität als Motorrotor eines Elektromotors integriert. Die Verwendung einer Magnetlagerung erlaubt es, auf üblicherweise in der Strömung des zu fördernden Fluids angeordnete Lagerelemente, die zu Totwassergebieten und Verwirbelungen des zu fördernden Fluids führen und dadurch die Strömung in negativer Weise beeinflussen, zu verzichten.

20 Des Weiteren ist eine Magnetlagerung verschleißfrei, so daß hohe Standzeiten gesichert werden, was insbesondere bei der Anwendung als Blutpumpe zur Unterstützung oder dem Ersatz des menschlichen Herzens bedeutsam ist und darüber hinaus zu einer Kosteneinsparung führt.

30 Diese Ausbildung der Erfindung stellt einen einfachen konstruktiven Aufbau zur Verfügung, da hier auf mechanische Lagerelemente verzichtet wird. Die für die magnetische Lagerung erforderlichen permanentmagnetischen Lagerelemente sind zusätzlich zu den permanentmagnetischen Elementen des Motorrotors unmittelbar am Förderteil angeordnet. Die magnetische Lagerung nimmt vorteilhafterweise sowohl die axialen als auch die radialen Kräfte auf.

5 In einer bevorzugten Ausgestaltung ist eine Axialstabilisierung zur Stabilisierung der axialen Lage des Förderteiles vorgesehen. Die Axialstabilisierung stellt eine aktive Regelung der axialen Lage des Förderteiles zur Verfügung, wobei dem Förderteil
10 stirnseitig zugeordnete Ringspulen einen axialen Magnetfluß erzeugen, der den axialen Magnetfluß der permanentmagnetischen Lagerelemente überlagert und der Regelung der axialen Lage dient. Derartige Stabilisierungsanordnungen sind für die erfindungs-
(15 gemäße axiale Flüssigkeitspumpe bzw. Blutpumpe nicht bekannt.

Beispielsweise sind die permanentmagnetischen Lagerelemente der Magnetlagerung in die Rotornaben und
20 die magnetischen Elemente des Motorrotors in das Förderteil integriert. Das erfindungsgemäße Förderteil ermöglicht ein besonders günstiges Strömungsverhalten des zu fördernden Fluids. Der notwendigerweise vorhandene Rotorspalt zwischen der Außenseite des
25 Förderteiles und der Innenseite des rohrförmigen Hohlkörpers ist dabei derart ausgelegt, daß sowohl die Motorverluste als auch durch den Spalt auftretende Strömungsverluste minimiert sind. Dabei ist zu
(beachten, daß die auftretenden Motorverluste um so
30 größer sind, je weiter der Motorrotor vom Motorstator entfernt ist. Ein kleiner Rotorspalt ist motorseitig daher als günstig anzusehen. Andererseits führt ein kleiner Rotorspalt jedoch zu großen Reibungsverlusten der Strömung und ist daher strömungstechnisch
35 ungünstig. Ein geeigneter Kompromiß für Blutpumpen liegt beispielsweise in der genannten Rotorspaltbreite von 0,5 bis 2,5 mm.

5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird
das in Rotation versetzbare Förderteil durch eine
Rotornabe, eine mit der Rotornabe drehfest verbundenen
Beschaufelung und eine Integration der magnetischen
10 Elemente des Motorrotors sowie der permanent-
magnetischen Lagerelemente der Magnetlagerung in die
Rotornabe und/oder die Beschaufelung gekennzeichnet.
Dadurch wird die Entstehung von Strömungsverlusten bei
dieser Ausführungsvariante minimiert. Die permanent-
15 magnetischen Lagerelemente der Magnetlagerung sind bei
dieser Ausgestaltung bevorzugt in der Rotornabe
angeordnet. Bevorzugt sind für eine sowohl in
Strömungsrichtung als auch entgegen der Strömungs-
richtung steife axiale Lagerung des Förderteils an
20 beiden Enden der Rotornabe permanentmagnetische
Lagerelemente angeordnet, die jeweils mit permanent-
magnetischen Lagerelementen einer axial beabstandeten
Fluid-Leiteinrichtung zusammenwirken. Die magnetischen
Elemente des Motorrotors sind hier zwischen den beiden
25 endig angeordneten permanentmagnetischen Lagerelementen
angeordnet.

30 Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung
besteht darin, daß in die Naben der axialen Blutpumpe
und/oder in die Wandung des rohrförmigen Hohlkörpers
Sensoren zur Erfassung des momentanen Blut-
Volumenstromes und der momentan von der Pumpe erzeugten
Druckdifferenz integriert sind. Beide Meßgrößen stehen
im Controller der Fördereinrichtung für Soll-Ist-
Vergleiche zur Verfügung und eröffnen damit die
35 Möglichkeit für eine Regelung des Fördervorganges im
Sinne einer physiologisch optimalen, der natürlichen
Herzaktion angepaßten pulsatilen Förderung mittels
zeitabhängiger Drehzahländerung des Rotors oder einer
im Sinne geringen Energieverbrauchs optimierten

5 pulsatilen Förderung durch die Pumpe, gleichfalls
realisiert durch zeitabhängige Drehzahländerung.

10 In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der
Erfindung sind an der Stirnseite der Rotornabe Mittel
vorgesehen, die im Nabenspalt zwischen Fluid-
Leiteinrichtung und Förderteil befindliches Fluid
radial nach außen fördern, etwa radiale
Beschäufelungen, Rillen, Ausbuchtungen oder ballige
Formgebungen.

15 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung
besteht darin, daß in mindestens einer der Fluid-
Leiteinrichtungen eine axial verlaufende Bohrung
vorgesehen ist, die von zu förderndem Fluid durchströmt
20 wird und die bewirkt, daß im Nabenspalt zwischen Fluid-
Leiteinrichtung und Förderteil befindliches Fluid
radial nach außen transportiert wird.

25 Beide vorgenannten Weiterbildungen beeinflussen die
radiale Druckverteilung und generieren Ausgleichs-
strömungen zur Verhinderung von Totwassergebieten im
Nabenspalt zwischen den Stirnseiten von Fluid-
Leiteinrichtung und Förderteil.

30 In einer weiteren Ausbildung der Erfindung weist das
Förderteil, insbesondere die Rotornabe in axialem
Abstand zwei Beschäufelungen auf. Hierdurch wird ein
sogenanntes Tandemgitter gebildet.

35 Vorteilhafterweise wird dadurch die je Schaufelreihe zu
erbringende Druckerhöhung herabgesetzt. Darüber hinaus
schränkt diese besondere Ausbildung des Rotors der
Fördereinrichtung störende Kippbewegungen desselben
zusätzlich ein.

5 Weitere Ausbildungen der Erfindung zeichnen sich
dadurch aus, daß die Lagerung des Rotors durch
Kombination einer magnetischen Axiallagerung mit einer
mechanischen Radiallagerung bewerkstelligt wird. Eine
vorteilhafte Weiterbildung ist dadurch gekennzeichnet,
10 daß die Naben auf ihrer dem Rotor zugewandten
Stirnseite Achsstümpfe besitzen, die im Zusammenwirken
mit Gleitlagerbuchsen, die stirnseitig in den Rotor
eingesetzt sind und in die Achsstümpfe hineinragen, die
radiale Lagerung des Rotors mit sehr hoher Steifigkeit
15 übernehmen oder daß eine durchgehende Achse existiert,
die in die Stirnseiten der Naben eingesetzt ist und auf
der der Rotor mittels Gleitlagerbuchsen radial mit
hoher Steifigkeit gelagert ist. In diesen Ausbildungen
der Erfindung wird die axiale Lagerung des Rotors über
20 abstoßend wirkende, permanentmagnetische Lagerelemente
in der Rotornabe und in den Naben der Befestigungs-
elemente realisiert.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist
25 dadurch charakterisiert, daß die Rotornabe beidseitig
Achstümpfe besitzt, die in Gleitlagerbuchsen umlaufen,
die sich in den Stirnseiten beider Naben befinden und
auf diese Weise eine radiale Lagerung mit hoher
Steifigkeit sichern. In dieser Ausbildung der Erfindung
30 wird die axiale Lagerung des Rotors über abstoßend
wirkende, permanentmagnetische Lagerelemente in der
Rotornabe und in den Naben der Befestigungselemente
realisiert.

35 Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die
Figuren der Zeichnung beispielhaft näher erläutert.

Es zeigen

- 5 Fig. 1 eine axiale Blutpumpe in Schnittdarstellung,
- Fig. 2 eine axiale Fördervorrichtung mit Magnet-
 lagerung, Axialstabilisierung und Positions-
 sensorik in Längsschnittdarstellung,
- 10 Fig. 2a eine Schnitt-A-A-Darstellung der axialen
 Fördervorrichtung gemäß Fig. 2,
- Fig. 2b eine axiale Fördervorrichtung mit
(15 Magnethalterung in Längsschnitt,
- Fig. 2c eine Schnitt-A-A-Darstellung der axialen
 Fördervorrichtung gemäß Fig. 2b,
- 20 Fig. 2d eine axiale Fördervorrichtung mit konischem
 Förderteil in Längsschnittdarstellung,
- Fig. 3a eine Magnethalterung für eine axiale Förder-
 vorrichtung,
- 25 Fig. 3b die Magnethalterung gemäß Fig. 3a im Quer-
 schnitt,
- (Fig. 4 ein Förderteil mit Doppelbeschaufelung,
- 30 Fig. 5 eine Fluid-Leiteinrichtung mit Positionssensor
 und permanentmagnetischem Lagerelement,
- Fig. 5a die Fluid-Leiteinrichtung gemäß Fig. 5 in der
35 Darstellung Schnitt-B-B,
- Fig. 6 eine axiale Fördervorrichtung mit axialer
 gleichgepolter (abstoßende) Magnetlagerung
 kombiniert mit einer radialen Achslagerung,

5 Fig. 6a eine axiale Fördervorrichtung mit radialer Achslagerung, Stabilisatoren und entgegengesetzter Lagermagnetpolung (anziehend),

10 Fig. 7a eine schematische Vorderansicht der Stirnseite einer Rotornabe oder Nabe,

Fig. 7b eine schematische Vorderansicht der Stirnseite einer weiteren Rotornabe oder Nabe,

(15 Fig. 7c eine schematische Vorderansicht der Stirnseite einer Rotornabe oder Nabe mit exzentrischer Erhöhung,

20 Fig. 8 eine schematische Schnittdarstellung eines Nabenspaltes, gebildet zwischen Förderteil und Nabe eines Befestigungselementes,

25 Fig. 8a eine schematische Schnittdarstellung eines Nabenspaltes gebildet zwischen Förderteil und Nabe eines Befestigungselementes und

(Fig. 9 eine schematische Schnittdarstellung durch eine Nabe mit axialer Bohrung.

30 Fig. 1 zeigt eine beispielhafte Ausführung einer erfindungsgemäßen Blutpumpe mit Pumpengehäuse 3 und Stabilisatorgehäuse 2. Außerhalb eines rohrförmigen Hohlkörpers 1, in dem in axialer Richtung das Fluid
35 gefördert wird, ist um den Hohlkörper 1 herum ein Motorstator 31 mit Motorwicklungen 33 angeordnet. Der Motorstator 31 treibt ein Förderteil 5 an, das einen Motorrotor 32 und eine Rotornabe 52 enthält und das im Inneren des rohrförmigen Hohlkörpers 1 gelagert ist.

5 Die Rotornabe 52 weist eine Rotorbeschaufelung 53 auf.
In Strömungsrichtung vor und hinter der Rotornabe 52
sind Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' mit Fluidleit-
beschaufelungen 72 und 72' an der Innenwand des
10 rohrförmigen Hohlkörpers 1 fixiert. Zwischen den Fluid-
Leiteinrichtungen 7 und 7' und der Rotornabe 52 ist ein
sogenannter Nabenspalt 9 ausgebildet. Über den
Motorstator 31 ist der Motorrotor 32, der mit der
Rotornabe 52 kombiniert ist, in Rotation versetzbar.

(15 Beim Betrieb der Blutpumpe wird das ausströmende Blut
durch einen Krümmer 6 dem Förderteil 5 zugeführt und
wird dort mittels der Rotorbeschaufelung 53 in Rotation
versetzt, wobei die Rotornabe 52 für strömungsdynamisch
günstige Verhältnisse sorgt. Für eine strömungs-
20 technisch vorteilhafte Anströmung der Rotor-
beschaufelungen 53 sorgt die stromaufwärts fest mit dem
Hohlkörper 1 verbundene Fluid-Leiteinrichtung 7' mit
ihren Beschaufelungen 72'. Der Drucksensor 60 erlaubt
die Druckmessung im zuströmenden Fluid. Das Förderteil
25 5 erhält seinen Antrieb in an sich bekannter Weise
durch magnetische Kopplung des Motorrotors 32 mit dem
Motorstator 31. Eine Bildung von Thromben bei Blut als
zu förderndem Medium ist stark minimiert, da aufgrund
der Magnetlagerung keine Lagerelemente in der Strömung
30 angeordnet sind, die eine Bildung von Totwassergebieten
herbeiführen könnten. Eine Verwirbelung und damit
verbundene Strömungsverluste erfolgt lediglich in
geringem Maße. Ein Rotorspalt 8 zwischen Rotornabe 52
und Innenwand des Hohlkörpers 1 weist dabei eine Breite
35 auf, die die Strömungsverluste klein hält und
gleichzeitig auch die Motorverluste begrenzt, die mit
zunehmendem Abstand des Motorrotors 32 vom Motorstator
31 zunehmen. Als besonders günstig hat sich
beispielsweise eine Breite des Rotorspaltes 8 zwischen

5 0,5 und 2,5 mm herausgestellt. Nach Beschleunigung des
Fluids durch die Rotorbeschaufelung 53 der Rotornabe 52
und einem damit einhergehenden Druckaufbau wird das
Fluid in die Fluid-Leiteinrichtung 7 geleitet, wo es
eine Umlenkung in axiale Richtung erfährt und ein
10 weiterer Druckaufbau erfolgt. Durch die Formgebung der
Fluid-Leitbeschaufelung 72 der Fluid-Leiteinrichtung 7
wird sichergestellt, daß die Umlenkung des Fluids in
axialer Richtung schonend und ebenfalls im wesentlichen
ohne Verwirbelung erfolgt.

(15 Das Blut verläßt die Blutpumpe über einen Krümmer 6'
und strömt in eine Aortenkanüle 62, die am Krümmer 6'
mittels eines lösbaren Verbindungselementes 63
befestigt ist. Ein speziell geschirmtes Kabel 11a, das
die Versorgungs- und die Signalleitungen für den
20 Motorstator 31, den Axialstabilisator 12 und die
Sensorik 60, 61 und 43 enthält, ist über den
Kabelstutzen 11 mit der Blutpumpe verbunden.

Die Funktion der magnetischen Lagerung ist anhand von
Fig. 2 und 2a beschrieben.

25 Fig. 2 und Fig. 2a zeigen weiterhin jeweils im
Längsschnitt und im Querschnitt eine weitere
(beispielhafte Ausführung einer Blutpumpe mit einer
magnetisch gelagerten Rotornabe 52. In der Rotornabe 52
30 ist der Motorrotor 32 mit jeweils an den Enden
angeordneten permanentmagnetischen Lagerelementen 42
kombiniert, die in einer Fassung 4 gehalten sind. In
den Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' sind direkt
permanentmagnetischen Lagerelementen 42 gegenüber-
35 stehend permanentmagnetische Lagerelemente 41
angeordnet. Die permanentmagnetischen Lagerelemente 41
und 42 sind hier entgegengesetzt gepolt. Die axial
gerichtete, sich zwischen den permanentmagnetischen
Lagerelementen 41 und 42 ausbildende Anziehungskraft

5 sorgt dafür, daß das Förderteil 5 koaxial im
rohrförmigen Hohlkörper 1 gehalten wird und radiale
Auslenkungen korrigiert werden. Positionssensoren 43,
die ebenfalls in den Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7'
angeordnet sind, ermitteln die Breite des Nabenspaltes
10 9 und regeln diese über den Axialstabilisator 12. Der
Axialstabilisator 12 ist in einem Stabilisatorgehäuse 2
angeordnet. Die Axialstabilisatoren 12, ausgebildet als
Spulen, erzeugen bei eingeschaltetem Strom ein
Magnetfeld, das über das Stabilisatorgehäuse 2 und die
15 Flußleitstücke 10 so geleitet wird, daß das Förderteil
5 eine stabile axiale Lage zwischen den Fluid-
Leiteinrichtungen 7 und 7' einnimmt. An den Enden der
Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' sowie an der Außenwand
des rohrförmigen Hohlkörpers 1 sind Drucksensoren 60
20 sowie ein Flußsensor 61 zur Charakterisierung der
Strömung angebracht. Das aus dem Motorrotor 32 und den
permanentmagnetischen Lagerelementen 42 sowie der
Rotorbeschaufelung 53 bestehende Förderteil 5 wird über
den Motorstator 31 in Rotation versetzt. Radiale
25 Abweichungen bei der Rotation werden durch die
entgegengesetzt gepolten permanentmagnetischen Lager-
elemente abgefangen, während die axiale Stabilisierung
über die Positionssensoren 43 und die Axial-
stabilisatoren 12 erfolgt. Die Konzentrierung der
30 Hauptmasse der permanentmagnetischen Lagerelemente 42
im Bereich der Achse des Förderteiles 5 ermöglicht, die
Pumpe in einer pulsatilen Betriebsweise zu betreiben,
beispielsweise durch schnelle Drehzahländerung des
Rotors.

35 Alternativ sind die permanentmagnetischen Lagerelemente
41 und 42 statt als Vollzylinder als permanent-
magnetische Ringe ebenfalls mit axialer Magnetisierung
ausgebildet. Beliebige, dem Fachmann bekannte

5 Ausgestaltungen können für die genaue Ausbildung der
permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 verwendet
werden.

10 Für eine Stabilisierung der axialen Lage des
Förderteiles 5 bzw. der Rotornabe 52 ist in
beispielhafter Ausführung ein Axialstabilisator 12
vorgesehen, der mit Positionssensoren 43 zusammenwirkt
und der über die Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' auf
15 das Förderteil 5 jeweils stirnseitig einwirkt und eine
hier nicht dargestellte elektronische Steuerschaltung
benutzt. Der Axialstabilisator 12 bewirkt eine aktive
Regelung der axialen Lage des Förderteiles 5, wobei die
Stabilisierungsspulen entsprechend der vorgenommenen
Regelung mit Strömen beaufschlagt werden und dabei
20 einen axialen Magnetfluß erzeugen, der den axialen
Magnetfluß der permanentmagnetischen Elemente über-
lagert und der Regelung der axialen Lage dient. Die
Positionssensoren 43 stellen Abweichungen von der
axialen Sollposition des Förderteiles 5 fest und leiten
25 diese Information an die Steuerschaltung weiter.

30 Fig. 2b und Fig. 2c zeigen im Längs- und im Querschnitt
eine weitere beispielhafte Ausführung einer
erfindungsgemäßen Vorrichtung. Die Halterungen 75, die
in Strömungsrichtung gesehen vor und hinter dem
Förderteil 5 angeordnet sind, bestehen aus einer Nabe
73, die mit Stützen 74 an der Innenwand des
rohrförmigen Hohlkörpers 1 befestigt sind. Die Stützen
74 sind hier beispielhaft im Abstand von 90° um die
35 Nabe 73 angeordnet. Grundsätzlich würde auch eine
Stütze 74 ausreichen. Die Halterung 75 dient im
wesentlichen der Aufnahme der permanentmagnetischen
Lagerelemente 41. Die sich gegenüberstehenden
permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 sind auch

5 hier entgegengesetzt gepolt. Für die axiale Stabilisierung sorgen der Axialstabilisator 12, der Positionssensor 43 und eine nicht dargestellte Regelelektronik.

10 In Fig. 2d sind in weiterer beispielhafter Ausführung das Förderteil 5 und die Fluidleiteinrichtung 7 konisch ausgebildet. Ein konischer Rotor 80 des Förderteiles 5 vergrößert sich in Strömungsrichtung und geht weiter konisch sich vergrößernd in eine konische
(15 Leiteinrichtung 81 über. Die permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 sind entgegengesetzt gepolt, die axiale Stabilisierung erfolgt auch hier über die Positionssensoren 43 in Verbindung mit dem Axialstabilisator 12.

20 Die Figuren 3a und 3b zeigen jeweils im Längs- und im Querschnitt im Detail eine beispielhafte Ausführung der Halterung 75 mit Stützen 74.

25 Fig. 4 zeigt ein Förderteil 5 mit der Rotornabe 52, um die herum zwei Rotorbeschaufelungen 53 und 53' angeordnet sind. Die Anordnung von zwei oder mehr Rotorbeschaufelungen 53 ermöglicht es, die Wirkung der Beschaufelung des Förderteiles 5 zu erhöhen.
(

30 In Fig. 5 und Fig. 5a sind im Längs- und im Querschnitt Fluid-Leiteinrichtungen 7 bzw. 7' dargestellt, bei denen das permanentmagnetische Lagerelement 41 vom Positionssensor 43 umgeben ist.

35 Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Hier ist die Magnetlagerung mit einer mechanischen radialen Lagerung kombiniert. Die permanentmagnetischen Lagerelemente 41

5 und 42 sind gleichsinnig gepolt. Die mechanische Lagerung besteht aus einer Achse 44, die in den Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' fest fixiert ist, während das andere Ende der Achse 4 in einer Lagerbuchse 45 des Förderteiles 5 drehbar gelagert ist. Aufgrund der
10 gleichsinnigen Polung der sich gegenüber stehenden permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 entfällt hier vorteilhafterweise eine Axialstabilisierung. Die radiale Stabilisierung erfolgt über die Achse 44.

(15 In Fig. 6a, in der ebenfalls eine mechanische radiale Lagerung mit einer Magnetlagerung kombiniert ist, sind die permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 im Gegensatz zu Fig. 6 entgegengesetzt gepolt. Das macht es hier erforderlich, im Stabilisatorgehäuse 2
20 Axialstabilisatoren 12 anzuordnen, Positionssensoren 43 und eine Regelelektronik vorzusehen.

Maßnahmen, die die radiale Druckverteilung beeinflussen und Ausgleichsströmungen zur Verhinderung von
25 Totwassergebieten im Bereich der Rotornabe 52, das heißt im Nabenspalt 9 zwischen den Stirnseiten der Fluid-Leiteinrichtung 7 und 7' und Förderteil 5, bewirken, sind in Fig. 7a, b, c, 8 und 8a dargestellt. In Fig. 7a ist auf einer Stirnseite 722 der Fluid-
30 Leiteinrichtung 7, 7' eine sich vom Zentrum radial nach außen erstreckende Rippe 723 angeordnet.

In Fig. 7b ist die Rippe 724 gebogen ausgebildet. Statt derartiger Rippen können an der Stirnseite 722 auch konvexe und/oder konkave Wölbungen, radiale
35 Beschaukelungen, Mikroschaukeln, Rippen, Rillen und exzentrische Erhöhungen 725 (Fig. 7c) beliebiger Form oder auch einfach eine Rauigkeit der Oberfläche vorgesehen sein. Entscheidend ist allein, daß es sich hierbei um Mittel handelt, durch die das Fluid bei

5 Rotation des Förderteiles 5 radial aus dem Nabenspalt 9
(vgl. Fig. 9) herausbefördert wird. Selbstverständlich
können diese Mittel auch an der Stirnseite der
Rotornabe 52 angeordnet sein.

10 Die Darstellung gemäß Fig. 8 bewirkt vorteilhafterweise
zusätzlich eine Verbesserung der Notlaufeigenschaften
im Falle des Ausfallens der Axialstabilisierung.

(15 In Fig. 9 weist die Nabe 73 eine axiale Bohrung 726
auf, die vom zu fördernden Fluid durchströmt wird und
bewirkt, daß im Nabenspalt 9 befindliches Fluid
zusätzlich radial transportiert wird.

20 Es wird darauf hingewiesen, daß die erfindungsgemäße
Magnetlagerung nicht auf zylindrische Formen der
Magnete beschränkt ist. Weitere geometrische
Ausgestaltungen der permanentmagnetischen Lagerelemente
41 und 42 sind möglich.

25 Die Erfindung bezieht sich in ihrer Ausführung nicht
nur auf die vorgenannten Ausführungsbeispiele.
(Wesentlich für die Erfindung ist allein, daß das
Förderteil 5 der Axialpumpe bzw. der Blutpumpe mittels
Magnetlagerung in dem rohrförmigen Hohlkörper 1
30 gelagert ist.

5 Bezugszeichenliste

- | | | |
|----|-----|------------------------------------|
| | 1 | Rohrförmiger Hohlkörper |
| | 2 | Stabilisatorgehäuse |
| | 3 | Pumpengehäuse |
| 10 | 4 | Fassung |
| | 5 | Förderteil |
| | 6 | Krümmern |
| | 6' | Krümmern |
| | 7 | Fluid-Leiteinrichtung |
| 15 | 7' | Fluid-Leiteinrichtung |
| | 8 | Rotorspalt |
| | 9 | Nabenspalt |
| | 10 | Flußleitstück |
| | 11 | Kabelstutzen |
| 20 | 11a | Kabel |
| | 12 | Axialstabilisator |
| | 31 | Motorstator |
| | 32 | Motorrotor |
| | 41 | permanentmagnetisches Lagerelement |
| 25 | 42 | permanentmagnetisches Lagerelement |
| | 43 | Positionssensor |
| | 44 | Achse |
| | 45 | Lagerbuchse |
| | 51 | |
| 30 | 52 | Rotornabe |
| | 53 | Rotorbeschaufelung |
| | 60 | Drucksensor |
| | 61 | Flußsensor |
| | 62 | Aortenkanüle |
| 35 | 63 | Verbindungselement |

- 5 72 Fluid-Leitbeschaufelung
- 72' Fluid-Leitbeschaufelung
- 73 Nabe
- 74 Stütze
- 75 Halterung
- 10 76 Nabenskappe
- 722 Stirnseite
- 723 Rippe
- 724 Rippe
- 725 Erhöhung
- 15 726 Bohrung
- 80 konischer Rotor
- 81 konische Leiteinrichtung

5

Patentansprüche

10

1. Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- oder mehrphasigen Fluiden, bestehend aus einem rohrförmigen, das Fluid im wesentlichen axial führenden Hohlkörper (1), in dem in axialer Ausrichtung ein mit einem außerhalb des Hohlkörpers (1) befindlichen Motorstator (31) in Rotation versetzbares Förderteil (5) gelagert ist,

15

dadurch gekennzeichnet, daß

20

das in Rotation versetzbare Förderteil (5) zwischen zwei im Hohlkörper (1) fixierte Befestigungselemente (7, 7', 75), durch je einen Nabenspalt (9) berührungsfrei getrennt, gelagert ist, wobei sowohl die Befestigungselemente (7, 7', 75) als auch das Förderteil (5) funktionell zusammenwirkende Lager-

25

elemente (41, 42 und/oder 44, 45) aufweisen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

30

Sensoren (43) und Stabilisatoren (12) zur Positionserfassung und Positionskorrektur des Förderteiles (5) in den Befestigungselementen (7, 7', 75) und an oder in der Wandung des Hohlkörpers (1) angeordnet sind.

35

5

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, daß

zur Strömungscharakterisierung Druck- und
Flußsensoren (60, 61) in den Befestigungselementen
(7, 7', 75) und/oder an oder in der Wandung des
Hohlkörpers (1) angeordnet sind.

10

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, daß

die funktionell zusammenwirkenden Lagerelemente
(41, 42, 44, 45) permanentmagnetische Lagerelemente
(41, 42) aufweisen, die in den Befestigungs-
elementen (7, 7', 75) und im Förderteil (5) jeweils
gegenüberstehend angeordnet sind.

15

20

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, daß

die funktionell zusammenwirkenden Lagerelemente
(41, 42, 44, 45) Flußleitstücke (10) aufweisen, die
in den Befestigungselementen (7, 7', 75) angeordnet
sind.

25

30

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, daß

das Förderteil (5) auf zwei Achsen (44) drehbar
radial gelagert ist.

35

5 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Förderteil (5) auf einer durchgehenden Achse
(44) drehbar radial gelagert ist.

10 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, daß
(die Achse (44) mit dem Förderteil (5) oder mit den
Befestigungselementen (7, 7', 75) fest verbunden
15 ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, daß
20 die Achse (44) in einer Lagerbuchse (45) drehbar
radial gelagert ist.

(10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
25 dadurch gekennzeichnet, daß
die sich gegenüberstehenden permanentmagnetischen
Lagerelemente (41, 42) gleichgepolt sind.

30 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, daß
die sich gegenüberstehenden permanentmagnetischen
Lagerelemente (41, 42) entgegengesetzt gepolt sind.

5

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,

dadurch gekennzeichnet, daß

10

bei entgegengesetzter Polung der permanent-magnetischen Lagerelemente (41, 42) ein Stabilisator (12) zur axialen Stabilisierung des Förderteils (5) angeordnet ist.

15

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

dadurch gekennzeichnet, daß

die Befestigungselemente (7, 7', 75) als Fluid-Leiteinrichtungen (7, 7') mit Fluidbeschaufelungen (72) ausgebildet sind.

20

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13,

dadurch gekennzeichnet, daß

25

an den dem Förderteil (5) zugewandten Stirnseiten (722, 723) der Befestigungselemente (7, 7', 75) und/oder an den Stirnseiten des Förderteiles (5) Rippen (723, 724) sowie Beschaufelungen, Rillen, konvexe und/oder konkave Ausbuchtungen oder exzentrisch angeordnete Erhöhungen (725) angebracht sind.

30

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,

dadurch gekennzeichnet, daß

35

in mindestens einem der Befestigungselemente (7, 7', 75) eine axial verlaufende Bohrung (726) angeordnet ist.

5

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Rotornabe (52) des Förderteiles (5) in axialem
Abstand zwei Rotorbeschaufelungen (53) aufweist.

10

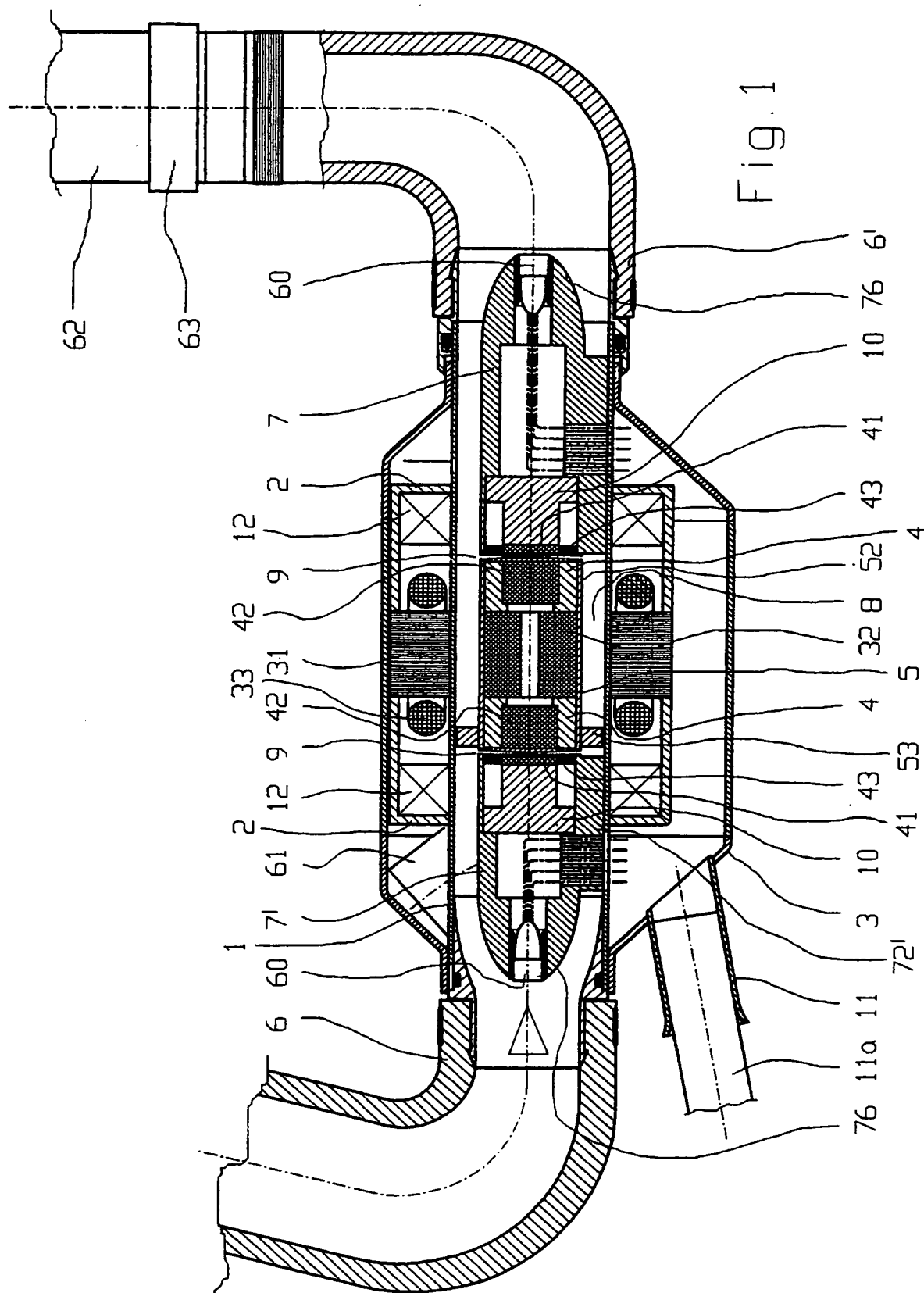
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, daß
(die Rotornabe (52) und die Naben (73)
15 zylinderförmig ausgebildet und die Naben (73) durch
Nabenkappen (76) an dem dem Förderteil (5)
abgewandten Ende abgeschlossen sind.

20

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Förderteil (5) und die Halterungen (75), auch
in der Ausbildung als Fluid-Leiteinrichtungen (7,
7') in Strömungsrichtung nichtzylindrisch
25 vergrößert oder verjüngt ausgebildet sind.

(25

1/8



2/8

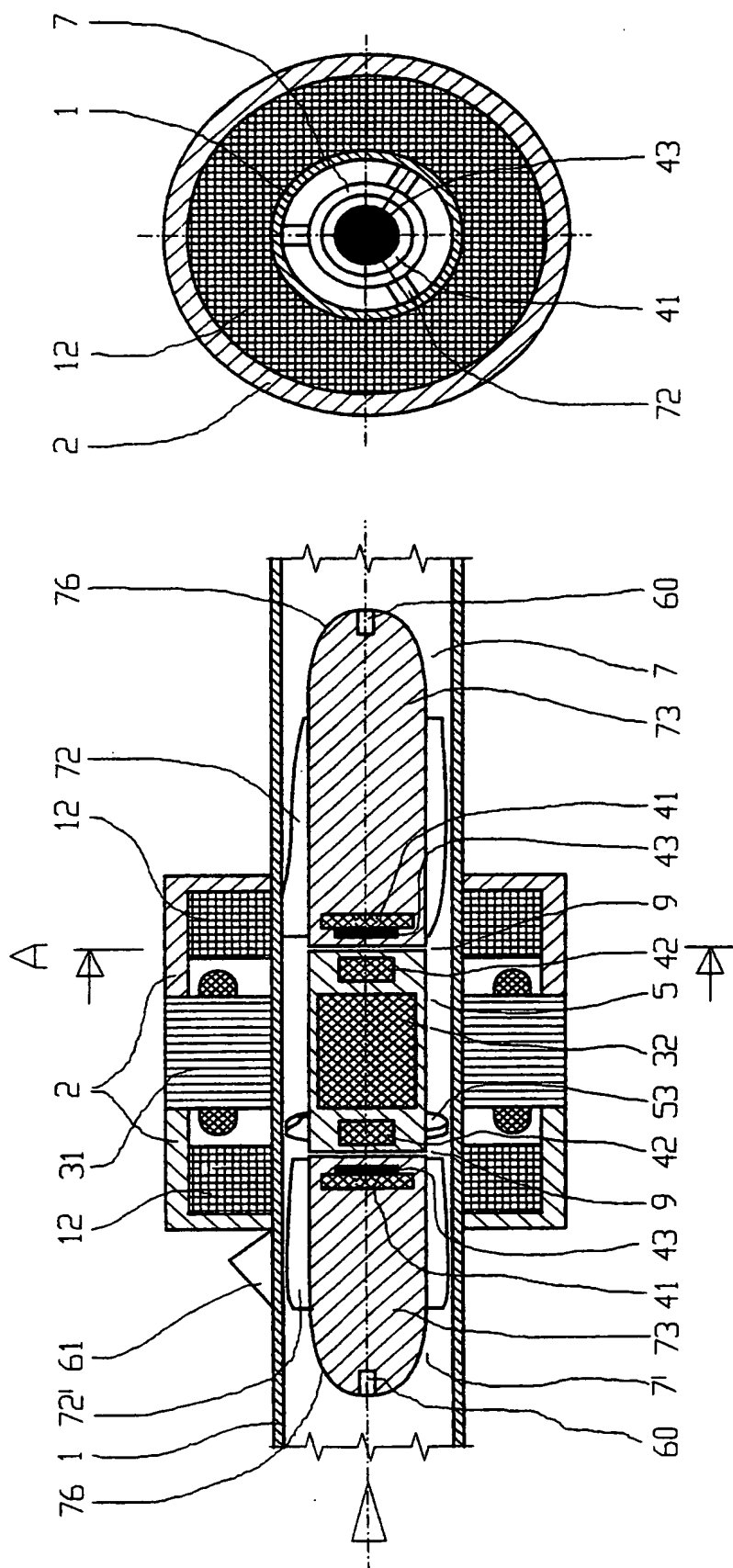


Fig. 2a
Schnitt A-A

A Fig. 2

3/8

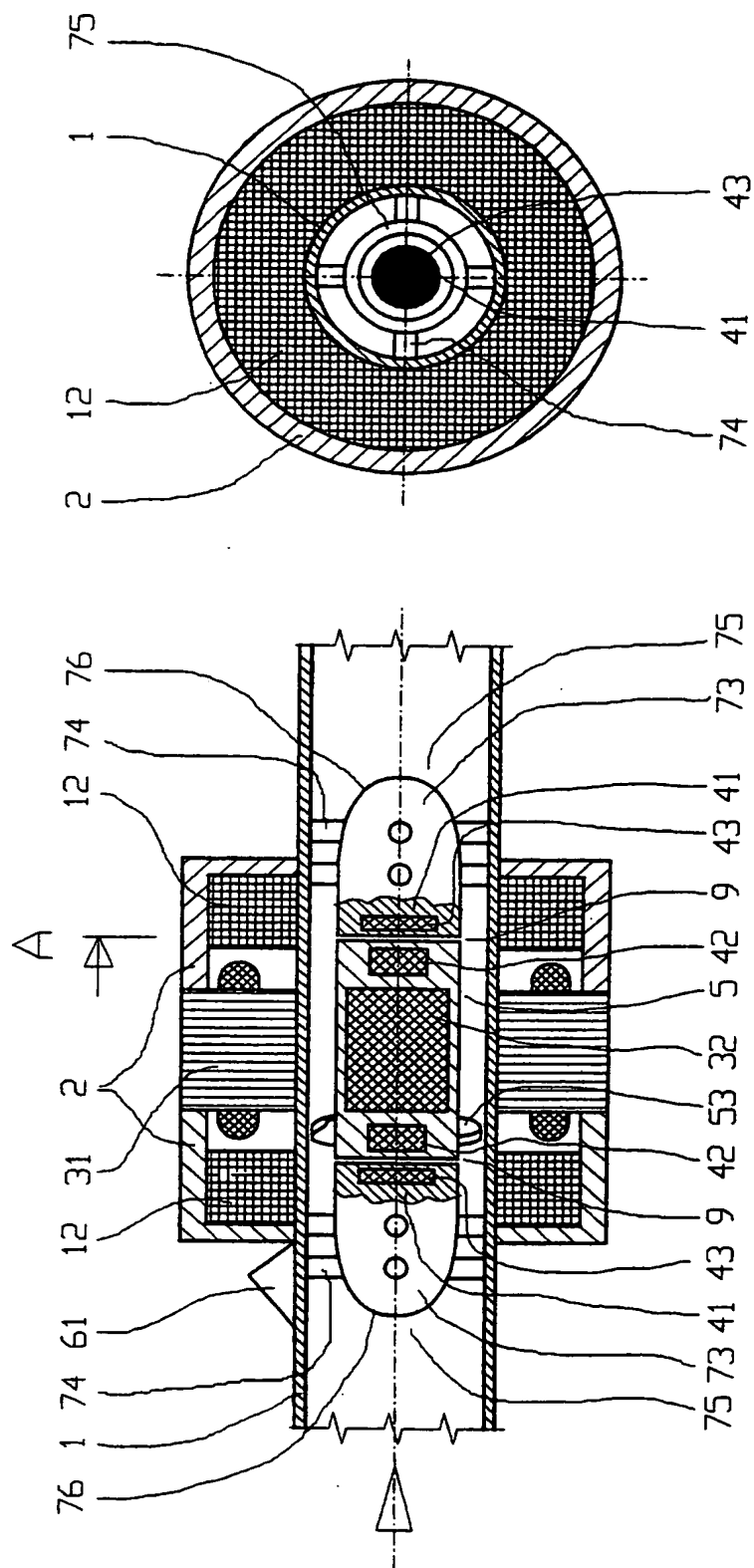


Fig. 2c
Schnitt A-A

A Fig. 2b

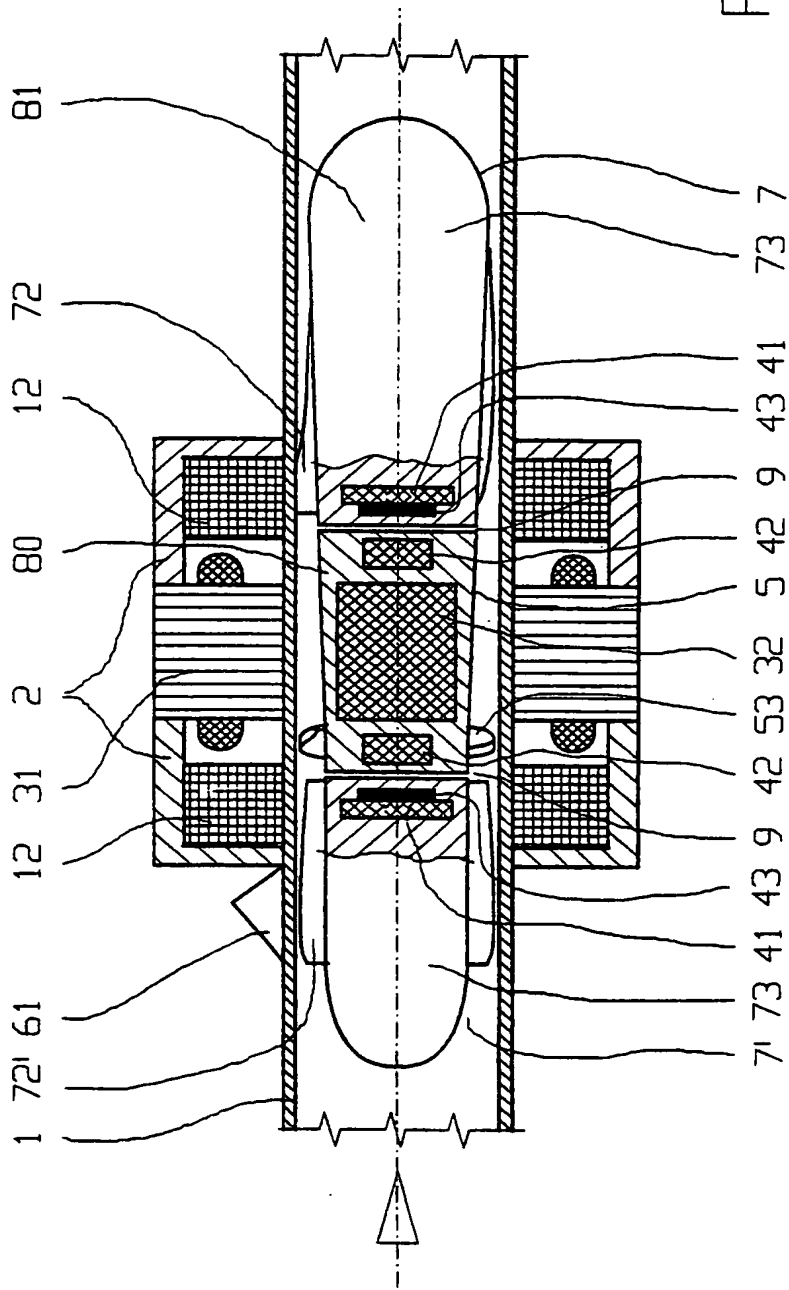


Fig. 2d

5/8

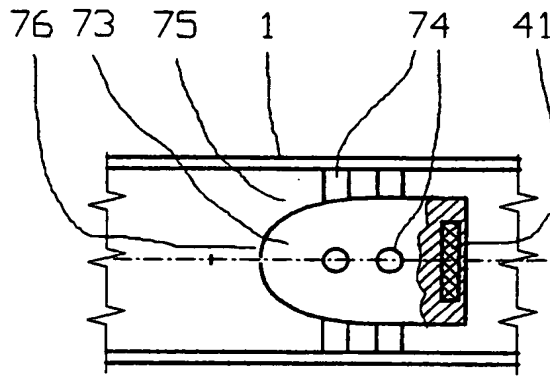


Fig. 3a

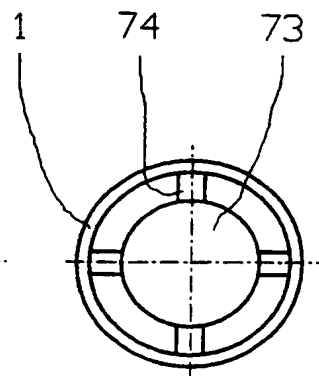


Fig. 3b

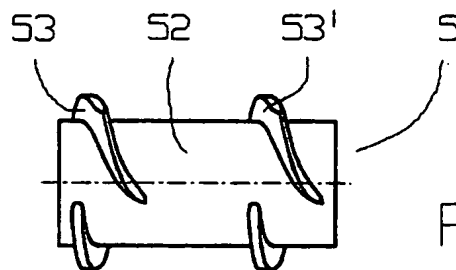


Fig. 4

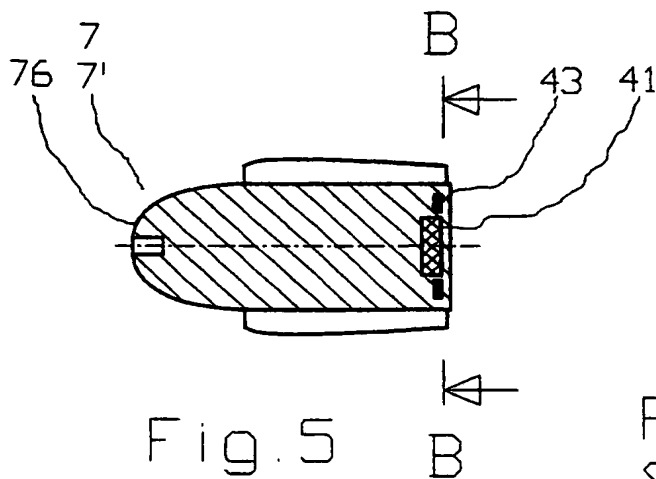


Fig. 5

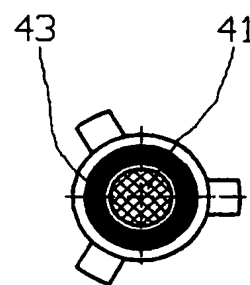


Fig. 5a
Schnitt B-B

6/8

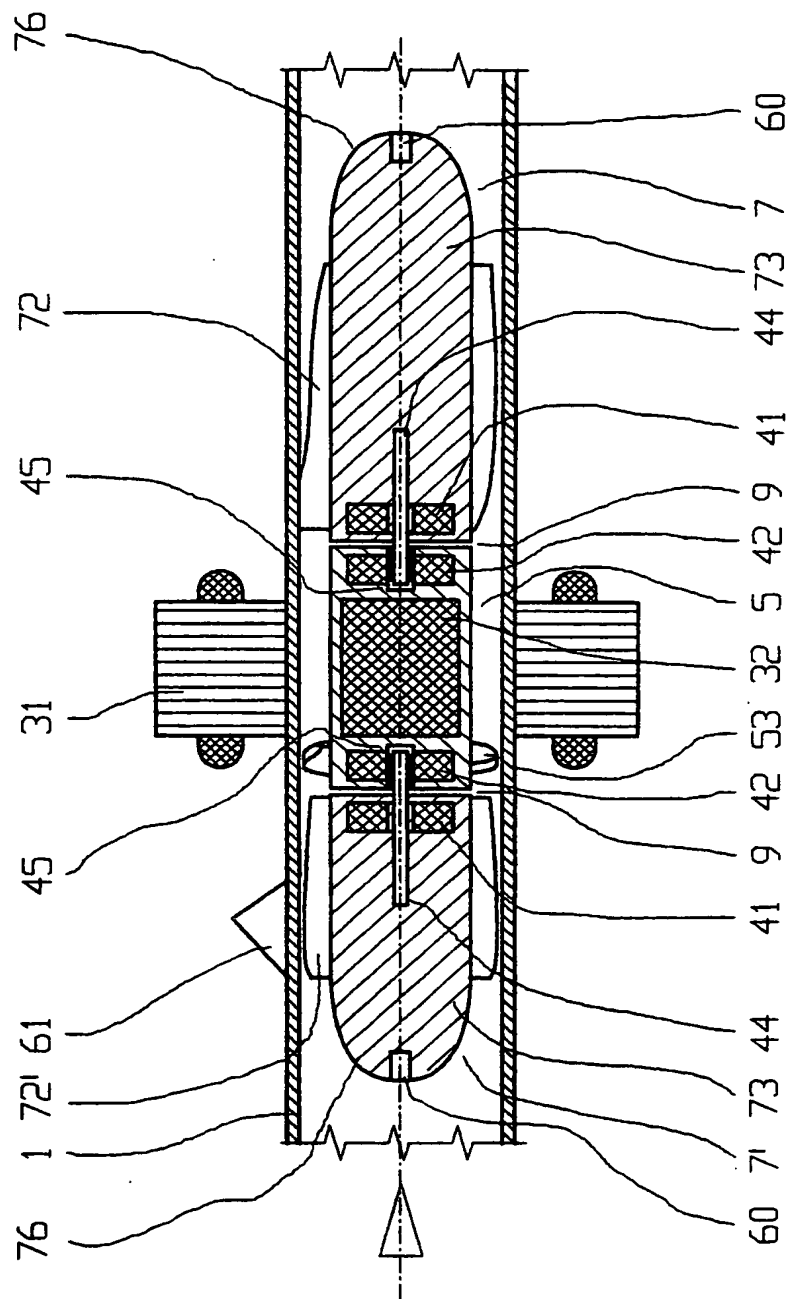


Fig. 6

7/8

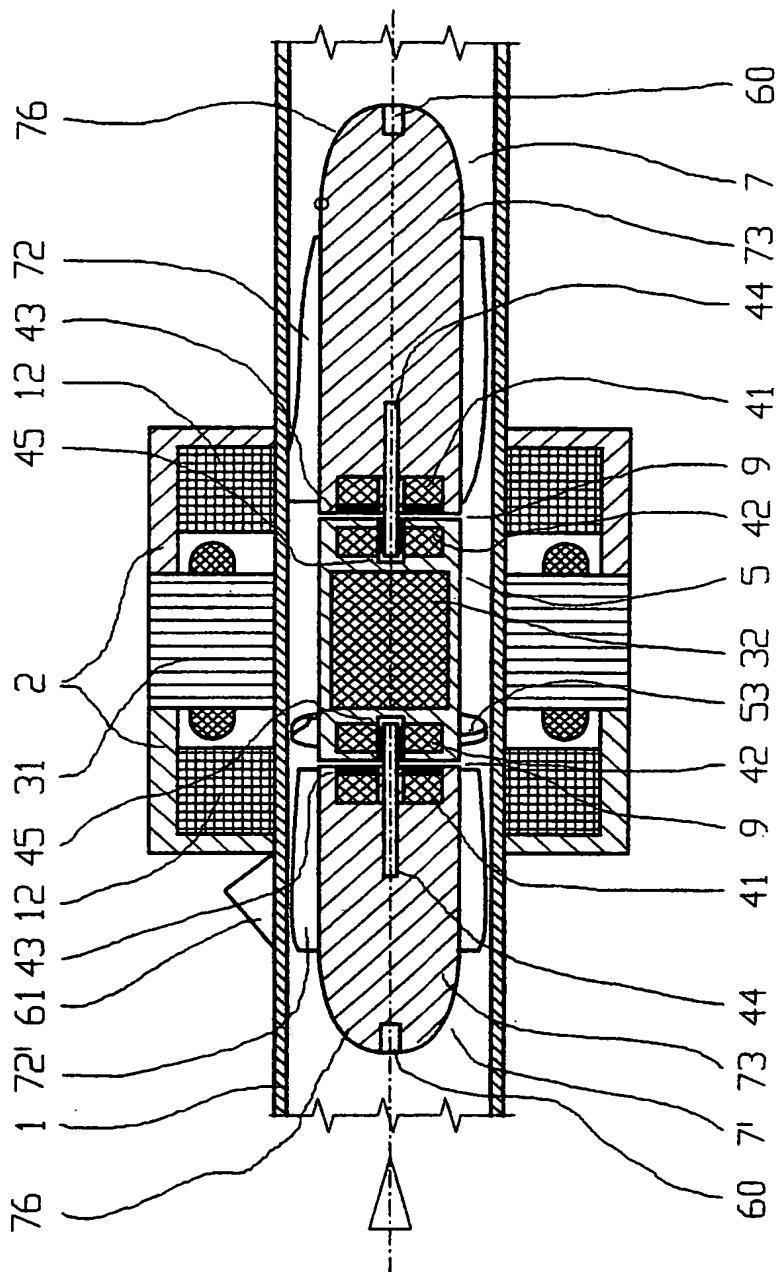


Fig. 6a

8/8

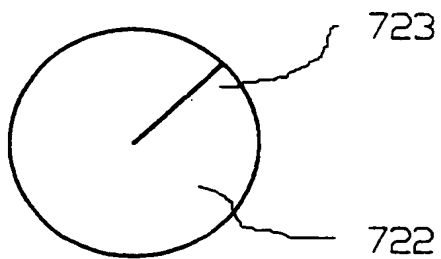


Fig. 7a

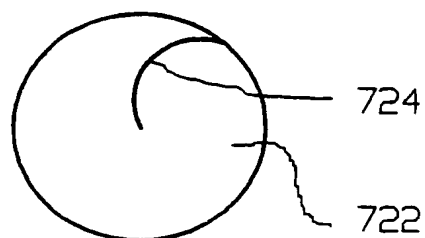


Fig. 7b

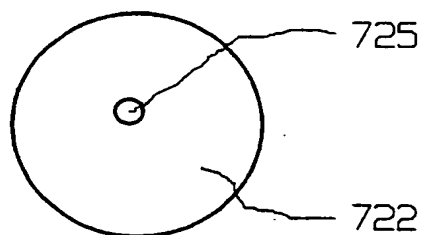


Fig. 7c

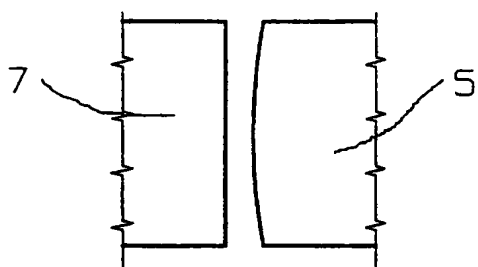


Fig. 8

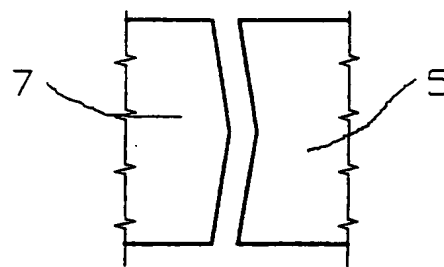


Fig. 8a

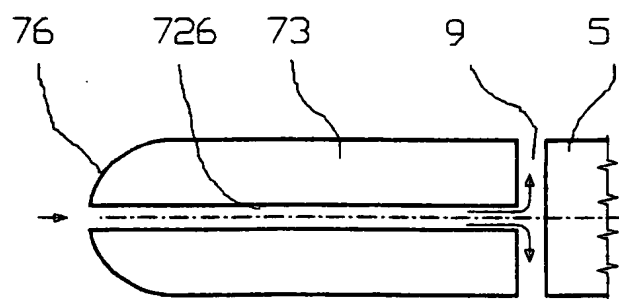


Fig. 9